

Zur Standardisierung der Perimetrie

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae
an der Universität Bern

vorgelegt von

Susy Zehnder-Albrecht

von Ettenhausen (Thg.)



1950

VERLAG VON S. KARGER IN BASEL

Auf Antrag von Herrn Prof. Dr. Goldmann durch die Medizinische Fakultät
zum Druck als Dissertation genehmigt.

Bern, den 9. Juli 1947.

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät:

Goldmann.



Seitdem man perimetrische Untersuchungen macht, hat man versucht, zu einer Standardisierung zu gelangen. Bald zeigte es sich, daß, so fein auch die Untersuchung mit Hilfe farbiger Objekte ist, ihre Ergebnisse von Normalen zu Normalen zu sehr schwanken, so daß es bisher nicht gelang, einer standardisierten Farbenperimetrie auch nur nahezukommen. Erfolgversprechender schien der Weg bei Perimetrie mit farblosen Objekten, der vor allem mit den Untersuchungen von *Bjerrum* angebahnt wurde. Von den späteren Versuchen sind hier in erster Linie die von *Roenne* zu erwähnen, der die Isopteren im inneren Drittel des Gesichtsfeldes am *Bjerrum*-Schirm mit verschiedenen großen weißen Objekten bestimmte. *Walker* und nachher *Gaudisart* führten 1925 den Ausdruck «quantitative Perimetrie» für diese Art von Gesichtsfeldaufnahmen ein, hielten sie für eine Art von Bestimmung peripherer Sehschärfe, und *Gaudisart* gab an, daß für das Gebiet $90-55^\circ$ ein weißes Objekt von $15'$ Durchmesser, von $55-25^\circ$ ein solches von $8'$ Durchmesser, innerhalb von 25° ein solches von $4'$ Durchmesser für quantitative Perimetrie am geeignetsten sei und man mit solchen Objekten überall im Gesichtsfeld, vielleicht mit Ausnahme seines Zentrums, die feinsten Störungen nachweisen könne, ohne auf farbige Objekte zurückgreifen zu müssen. Er konnte im Jahre 1929 diese Ansicht noch einmal beweisen. *Ferree* und *Rand* bestimmten die Isopteren für weiße Objekte verschiedener Größe auf verschieden grauem Grund, also bei meßbarer Kontraständerung. Allerdings hatte ihre Methode den Nachteil, durch Änderung der Helligkeit des Grundes den Adaptationszustand des Auges von Versuch zu Versuch etwas zu ändern. Sonst aber stellt diese Arbeit den ersten Versuch dar, eine Beziehung zwischen Größe eines farblosen Objektes, seinen Kontrast gegenüber dem Grund und der Größe des Gesichtsfeldes herzustellen. Ihre Untersuchung erstreckt sich auf Objektgrößen von $0,17-1^\circ$ Durch-

messer. *Ferree*, *Rand* und *Sloan* zeigten dann, daß die quantitative Perimetrie sehr empfindlich ist gegen Bildunschärfe der Testobjekte. *Magitot* und *Dubois-Poulson* haben in sehr klarer Weise die Vorteile der Schwarz-Weiß-Perimetrie gegenüber der Farbenperimetrie hervorgehoben:

«En mettant en parallèle ces deux méthodes, on constate:

a) Que la périmétrie colorée introduit dans cette recherche des causes d'erreur nombreuses dont les principales ne sont pas remédiables et qui proviennent les unes de l'instrumentation, les autres du sujet lui-même.

b) Que la périmétrie colorée n'est pas plus sensible que la périmétrie blanche et qu'à un scotome chromatique correspond toujours un scotome pour le blanc. Il suffit, pour le mettre en évidence, d'utiliser un test blanc de la dimension adéquate.»

Schließlich hat *Anderson* in einer Reihe von Arbeiten die Gleichwertigkeit, ja sogar Überlegenheit der quantitativen Perimetrie über die Farbenperimetrie bei Verwendung des Maggioreschen Perimeters wiederum nachgewiesen.

Man hat dann verschiedentlich neben der Schwarz-Weiß-Perimetrie bei Helladaptation auch die sogenannte Lichtsinnsperimetrie bei Dunkeladaptation geübt, die von *Stargard* inauguriert wurde (*Passow*, *Scheyhing*, *Amsler*). Die verschiedenen Autoren weisen darauf hin, daß diese Methode besonders imstande sei, feine Veränderungen nachzuweisen. Die Untersuchungen von *Bair* scheinen dafür den Grund anzugeben. Der Isopteren-Gradient im Gesichtsfeld von der Peripherie gegen das Zentrum hin verändert sich beim Übergang von Hell- zu Dunkeladaptation. Während bei Helladaptation die Empfindlichkeit gegen das Zentrum hin stetig zunimmt, ist bekanntlich in der Dunkeladaptation die Empfindlichkeit in der Fovea am geringsten, in den übrigen Gebieten der Netzhaut ändere sich aber nach *Bair* die Empfindlichkeit bei Dunkeladaptation nur sehr wenig, so daß weite Gebiete des Gesichtsfeldes die gleiche Empfindlichkeit aufweisen und so geringe Änderungen in der Empfindlichkeit sich bei der Benützung schwelennaher Testobjekte sofort als Skotome bemerkbar machen müssen, ein Befund, den die Untersuchungen von *Scheyhing*, wenn auch nicht explicite, bestätigen¹.

Goldmann hat sich neuerdings mit den Grundlagen der

¹ Untersuchungen von *Jonkers* an unserer Klinik konnten diesen Befund mindestens für höhere Grade von Dunkeladaptation nicht bestätigen.

Schwarz-Weiß-Perimetrie beschäftigt, und während früher meistens die Perimetrie mit kleinen weißen Objekten als Bestimmung der Punktsehschärfe betrachtet wurde (siehe z. B. auch *Lauber*), ging er davon aus, daß man bei der Ermittlung von Isopteren mit farblosen Objekten Unterschiedsempfindlichkeiten ermittelt, und zwar so, daß man zu einer gegebenen Unterschiedsempfindlichkeit bei gegebener Feldgröße den Ort im Gesichtsfeld sucht, wo gerade diese Unterschiedsempfindlichkeit herrscht. Er hat dann, ausgehend von diesen Untersuchungen, ein Projektionsperimeter angegeben, bei dem vor allem die Konstanz des Kontrastes zwischen Objekt und Grund exakt gewahrt werden kann, und an dem die zwei Grundfragen der quantitativen Perimetrie erörtert werden konnten:

1. Wie muß der Kontrast verschieden großer Objekte beschaffen sein, damit man mit ihnen gleiche Isopteren erhält?
2. Welches sind die Standardisopteren des Normalen bei quantitativer Perimetrie in ihrer Abhängigkeit von Intensität und Alter?

Goldmann stellte in seinen Untersuchungen fest, daß für weite Gebiete des Gesichtsfeldes folgende Gesetzmäßigkeit gilt: Wird das Objekt auf das Vierfache vergrößert, so muß der Kontrast auf das 0,31fache herabgesetzt werden, damit die gleichen Isopteren erhalten werden. Diese Gesetzmäßigkeit gilt für Objekte von 0,25 bis 16 mm² bei einem Abstand von 30 cm Objekt zu Patient, und zwar für 0,25 mm² und für 1 mm² von der Peripherie bis ca. auf 5° an den Fixierpunkt heran, für 4 mm² bis auf 12—15°, für 16 mm² bis auf ca. 30° nasal und 45° temporal vom Fixierpunkt.

Es schien wichtig, die Arbeit von *Goldmann* zu erweitern und fortzusetzen. Folgende Fragen werden in der vorliegenden Arbeit behandelt:

1. Da natürlicherweise die Exaktheit der Angaben von Mensch zu Mensch schwankt, läßt sich nicht angeben, welche Genauigkeit die Methode hat. Wohl aber hat die Frage einen Sinn, ob die Empfindlichkeit eines normalen Auges an verschiedenen Tagen gleich ist oder nicht.
2. Welches sind die Standard-Isopteren für Personen zwischen 20 und 30 Jahren einerseits und 60 und 70 Jahren andererseits, aufgenommen bei 40 asb Grundleuchtdichte, Objektgröße 0,25 mm² und Kontrast Objekt zu Grund 32 : 1, 10 : 1, 3 : 1 und 1 : 1?

3. *Goldmann* hat die gesetzmäßige Beziehung zwischen Objektgröße, Filterdichte und Isopterenausdehnung studiert und dabei die oben beschriebene Gesetzmäßigkeit gefunden. Es sollte die Zahl der so untersuchten Personen vermehrt und die Variation der Filterzahlen festgestellt werden.

Die Untersuchungsmethode war ganz allgemein die, daß nach 5 Min. Adaptation an die Leuchtdichte des Perimeters (40 asb) mit dem Objekt 0,25 mm² 4 Isopteren mit den oben angegebenen Kontrasten (32 : 1, 10 : 1, 3 : 1, 1 : 1) an acht Stellen aufgenommen wurden. Jede Messung wurde mindestens dreimal wiederholt. Die Refraktion der Untersuchten wurde vorher bestimmt. Wenn nötig, wurde für die Aufnahme der beiden innersten Isopteren die Nahekorrektur vor das Auge gesetzt. Die Pupillenweite wurde nicht gemessen und nicht beeinflusst.

1. Individuelle Schwankungen.

Gibt es beim Normalen Änderungen der Empfindlichkeit? Diese Frage wurde an drei Personen mit folgender Methodik untersucht. Es wurde an einem Tage mit genügenden Pausen (2×2 Isopteren) die vier Isopteren an acht Stellen aufgenommen, wobei für jeden Punkt mindestens 10 Ablesungen gemacht wurden. Außerdem wurden an verschiedenen Tagen die vier Isopteren mit 3—5 Ablesungen an jedem Punkte bestimmt. Schließlich wurde untersucht, ob die Mittelwerte jeder dieser Bestimmungen innerhalb des $3\frac{1}{2}$ fachen σ der ersten Bestimmungen liegen. Das Ergebnis zeigt Tabelle Ia an einer Person. Die Variation der Empfindlichkeit ist von Tag zu Tag größer als die Streuung der Bestimmung an einem Tag². In Tabelle Ib sind für die 3 Personen $\sum_8 r^2$ (siehe später) für verschiedene Tage zusammengefaßt; der maximale und der minimale Wert sind kursiv gesetzt. Bei Nr. 3 wurde die Beleuchtung beständig mit Luxmeter auf Konstanz kontrolliert.

Daraus folgt: Will man in einem pathologischen Fall feinste Änderungen der Isopteren über längere Zeit verfolgen, so muß man von Zeit zu Zeit gruppenweise an mehreren Tagen Gesichtsfelder aufnehmen und darf sich nicht mit sporadischen Einzelsichtfeldern begnügen. Was die Ursachen der Empfindlichkeitsschwankungen sind, muß später untersucht werden. Man

² Der Stichtag ist in diesem Fall der 22.5.1947. Alle Werte, die an den andern Tagen aus $\pm 3\frac{1}{2} \sigma$ herausfallen, sind kursiv gesetzt.

machte sich aber klar, daß, wo die Empfindlichkeit im Gesichtsfeld sich scharf ändert, z. B. am Rande von Skotomen, die täglichen Unterschiede unmerklich werden, während sie an Stellen

TABELLE I a.

Marcelle B., 24jährig.

Isoptere 4.

Datum	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
4. 5. 47	88	74	49	45	55	53	65,5	86
5. 5. 47	86	67	45,5	45	57,5	54,5	66,5	80
6. 5. 47	87,5	69	47	47	57	57	65,5	82
10. 5. 47	84	70	51	50	54	57,5	65	84
13. 5. 47	83	71	51	49	55,5	53	66	84,5
23. 5. 47	87	71	49,5	46,5	53,5	52	66	84,5
22. 5. 47	86	73,1	52	50,5	53,3	52,1	64,5	84,5
	±0,63	±0,66	±1,12	±0,9	±0,95	±0,4	±1,08	±0,85

Isoptere 3.

4. 5. 47	83,5	64	44	42	50,5	45,5	54,5	72,5
5. 5. 47	75	62	42	42,5	53	50,5	57	74
6. 5. 47	78	61	44	44,5	52	53,5	57	72
10. 5. 47	77	60	47,5	47	50	53	57,5	74
13. 5. 47	76	61,5	47,5	46	51	49,5	61	75,5
23. 5. 47	79	65	44	43,5	50	48	59	74
22. 5. 47	75	61,6	44	43,4	51	47,8	57,5	71
	±0,69	±0,82	±0,625	±0,685	±0,61	±1,05	±0,79	±0,96

Isoptere 2.

4. 5. 47	69,5	45,5	38,5	35,5	41,5	40	44	56,5
5. 5. 47	60	41,5	33,5	34,5	40,5	42,5	37	52
6. 5. 47	64,5	40	36	34,5	41	39	36,5	50
10. 5. 47	58	42	36,5	37,5	41,5	38,5	32,5	50
13. 5. 47	60	41,5	33	35	41	39,5	34	51
23. 5. 47	61	44	35,5	33,5	39,5	39	36	56,5
22. 5. 47	62,25	42,75	39	37,5	42,4	38,9	37,2	52,6
	±0,955	±0,75	±1,54	±0,96	±1,18	±0,7	±0,41	±1,73

Isoptere 1.

4. 5. 47	40	25	22,5	22,5	25	25	21,5	31
5. 5. 47	40	20,5	20	20	24,5	23,5	20	30,5
6. 5. 47	39	19	18,5	20,5	25	20,5	19	32
10. 5. 47	40	24	17	21	26	23,5	17	25
13. 5. 47	37	21,5	18,5	18	27	20,5	19	31
23. 5. 47	38	23,5	20,5	22	25,5	23,5	20	31
22. 5. 47	36,5	24	19	21	24,9	22,1	18,2	26,2
	±0,96	±1,4	±1,43	±0,67	±0,45	±0,77	±0,37	±0,855

TABELLE I b.

1. Marcelle B., 24jährig. o. d.

Isoptere	Datum						
	4. 5. 47	5. 5.	6. 5.	10. 5.	13. 5.	22. 5.	23. 5.
4	35166	33078	34347	34560	34317	34849	34284
3	27614	27123	27720	28085	28402	26450	28055
2	18092	15153	15280	14626	14634	16091	15608
1	5910	5302	5074	5048	4968	4835	5463

2. Erna G., 39jährig. o. d.

Isoptere	Datum						
	4. 5.	5. 5.	6. 5.	8. 5.	10. 5.	13. 5.	18. 5.
4	28479	29685	29087	29784	31659	29639	28682
3	18903	21261	21002	20138	18915	20868	20201
2	9091	11670	9556	8054	9742	9566	9700
1	2852	4208	3774	2895	3227	4163	3410
					20. 5.	19. 5.	18. 5.
					29639	31031	28682
					21370	22729	20201
					20749	11200	9700
					10321	3395	3410
					3671		

3. Emmy W., 32jährig. o. d.

Isoptere	Datum						
	27. 6.	30. 6.	2. 7.	3. 7.	4. 7.	7. 7.	8. 7.
4	35962	34099	32749	32735	34159	35578	33347
3	26090	26702	26443	27987	25923	26325	25455
2	16371	16484	17544	17664	16243	17021	18095
1	5265	5065	6258	6006	4807	6894	8190
						10. 7.	9. 7.
						32889	31528
						25243	24489
						16511	16277
						7960	6126
						5854	8190
						7136	7333
						14. 7.	15. 7.
						30552	32809
						24660	24463
						15611	16190
						5854	7333
						8591	8591

allmählichen Anstieges der Empfindlichkeit im Gesichtsfeld (Isopteren des Normalen!) deutlich sind. *Es kommt also zeitlichen Schwankungen der Isoptereengrenzen, dort, wo sie den normalen Verlauf zeigen, geringere Bedeutung zu als Änderungen an Skotomrändern.*

2. Standard-Isopteren.

Es wurden an 26 Personen zwischen 20 und 30 Jahren und an 21 Personen zwischen 60 und 70 Jahren die Isopteren bestimmt³ und die Statistik auf zwei Weisen durchgeführt. Zuerst wurde Mittelwert und Streuung in jedem der acht Meridiane der vier Isopteren bestimmt⁴ (Tab. II). Die so gewonnenen Mittelwertisopteren sind bei Goldmann (1946) abgebildet. Sie werden seinem Perimeter als durchsichtiges Vergleichsblatt mitgegeben. Dann wurden nach dem Vorgehen von Ferree und Rand die Flächengrößen der Isopteren bestimmt, und zwar nicht planimetrisch, sondern rechnerisch, durch Errechnung einer flächenäquivalenten Zahl nach folgender Überlegung: Wir kennen den wahren Verlauf der Isopteren um so besser, je mehr Punkte wir bestimmen. Wir kennen ihn aber bei acht Bestimmungen zwischen den acht Punkten nicht. Wenn wir den wirklichen Verlauf in der Umgebung jedes gefundenen Punktes durch einen Achtelkreisbogen ersetzen, so begehen wir zwar einen gewissen Fehler, der aber dadurch reduziert wird, daß Zuviel und Zuwenig im gesamten Verlauf sich angenähert aufheben. Wir gewinnen aber eine Methode, die ohne Planimeter rasch eine Zahl liefert, die der Isopterenfläche F_e proportional ist.

$$F_e = \frac{1}{8}\pi r_1^2 + \frac{1}{8}\pi r_2^2 + \dots + \frac{1}{8}\pi r_8^2 = \frac{1}{8}\pi \sum_8 r^2 \text{ d. h. } \sum_8 r^2 = k \cdot F_e,$$

d. h.: Mißt man an jedem der acht Punkte den Abstand vom Zentrum in Graden, so ist die Summe der Quadrate dieser acht Zahlen der Fläche proportional. Tabelle III (ebenso Tab. Ia) zeigt die so erhaltenen Zahlen, welche die Charakteristik jeder Isoptere durch eine einzige Zahl gestattet. Man sieht (Tab. IIa und IIIa), daß die Streuung dieser Flächenzahl kleiner ist als die der Isopterenpunkte. Es scheint uns deshalb für exakte Beurteilung richtiger, nicht die mittleren Isopteren einfach zu vergleichen,

³ Seit Ferree und Rand (1929) ist die Altersabhängigkeit der Isopterengröße bekannt.

⁴ Für die Gruppe der alten Leute wurde wegen der sehr großen Streuung das σ der Isopterenpunkte nicht bestimmt.

TABELLE II a.

Name	Jahrg.	O.	Isoptere 4.										Isoptere 3.									
			t	to	o	on	n	nu	u	tu	t	to	o	on	n	nu	u	tu	t	to	o	on
Katharina W.	1927	s.	87	64	46	46,5	53,5	52,5	56,5	81	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	0°	45°	90°	135°
André B.	1917	d.	86	65,5	44,5	43,5	56	50	64	85,5	78,5	58,5	40	42	45	49	45,5	66	78	50	40	39
Hermann W.	1927	d.	85	48,5	39	40	53,5	50,5	62	88	76	41,5	34,5	37	49	46	56	77	76	41,5	34,5	37
Rudolf W.	1919	d.	86	57	35,5	40	57	58,5	66,5	80	78,5	51,5	32,5	35,5	53	56	57,5	70	78,5	51,5	32,5	35,5
Hulda S.	1922	d.	85	55,5	43	46	50	50	62	85,5	73,5	48	38,5	43,5	46	45,5	47,5	76,5	73,5	48	38,5	43,5
Marcelle B.	1923	d.	87,5	64	44,5	46	60	58	65,5	87	77	57	40	43	55,5	53	61	73,5	77	57	40	43
Max B.	1926	d.	84	57,5	47	46	55,5	50	67	78,5	75	50	40	40	46	48	58	66,5	75	50	40	40
Hans v. G.	1918	d.	81,5	59	39	40	53,5	53,5	60	77	73	46,5	30	34	47	47	53,5	65	73	46,5	30	34
Klaus L.	1921	d.	78	52	37,5	42	50,5	51,5	64	78,5	69	44	32	36,5	45	45,5	56	71	69	44	32	36,5
Albert P.	1922	d.	82	66	54	55	52	54,5	66	82	67	59	49	49	49	51	60	73	67	59	49	49
Bruno T.	1921	d.	87	67	51	52	63	53	68	83	77	58	47	47	55	51	58	73	77	58	47	47
Maria M.	1926	d.	87	67	52	54	63	58	67	80	81	54	47	49	59	55	62	76	81	54	47	49
August G.	1924	d.	85	55	37	41	49,5	48	56	75,5	77	50	33	37	44	43,5	45,5	65,5	77	50	33	37
Hans Z.	1913	d.	85	59,5	39,5	42	54	53	63	74	80	56	36,5	38	50	45,5	53,5	71	77	56	36,5	38
Alfred H.	1919	d.	82,5	56	43	55	54	53,5	61,5	77	71,5	48,5	37,5	52	47	48	52	68	71,5	48,5	37,5	52
Jürg H.	1922	d.	82	60	46,5	46	56	56	59,5	77	79	55	32	31,5	46	45	48	61,5	79	55	32	31,5
Hermine A.	1917	d.	86	60	39	38	51,5	52	68	83,5	73	58	39	37	47	46,5	54	66	73	58	39	37
Beatrix E.	1921	d.	84,5	68,5	52	56,5	53,5	54	62	78	79	56	31	49	49,5	42,5	46	72	79	56	31	49
Max B.	1920	d.	86	64,5	46	41	54	51	65,5	83	73	53	39	37	47	45	56	64	86	64,5	46	41
Albert A.	1915	d.	84	52	35	42	51	51,5	56	74,5	73,5	45	31	39	46,5	45	50	63	84	52	35	42
Wilhelm B.	1920	d.	88	66,5	48,5	53,5	57,5	51,5	63	79	71	57	45	48,5	48,5	45	50	63	88	66,5	48,5	53,5
Paul S.	1920	d.	83	61	51	53	55	55,5	63	81	77	53	41	45	47	50	57	70	83	61	51	53
Margrit A.	1920	d.	84	52	38,5	36	50	49	61	77	74	47	34	31	46	45	53,5	67	84	52	38,5	36
Henriette T.	1928	d.	84	67	50	50,5	50	49	68	80,5	74,5	57	41	46	45	43,5	56,5	69	84	67	50	50,5
Leo E.	1923	d.	86	66,5	53	52	60	58	67	83	78	60	45,5	47	53	51	57	75	86	66,5	53	52
Marcus R.	1918	d.	85	61	41	45	53,5	56	61,5	77	78,5	57	37	39	49,5	49,5	48,5	69	85	61	41	45
Mittelwert			85,0	60	44,5	46,5	54,5	53,0	63,0	80,5	76	52,5	39	41,5	48,5	48	54	70	±3,8	±4,4	±5,5	±5,9
σ			±2,5	±5,6	±5,8	±5,3	±3,8	±3,1	±3,6	±3,6	±3,8	±4,4	±5,5	±5,9	±2,4	±3,4	±4,9	±4,5				

TABELLE II a (Fortsetzung).

Name	Jahrg.	O.	Isoptere 2.										Isoptere 1.									
			t	to	o	on	n	nu	u	tu	tu	t	to	o	on	n	nu	u	tu	tu	t	to
			0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°		0°	45°
Katharina W.	1927	s.	57	32,5	25	31	30	30	28	44		30,5	18	14	16	15	15,5	16,5	27		30,5	18
André B.	1917	d.	64,5	37	28	30	31	30	41	57,5		38	21	14	18,5	20	19	19	30		38	21
Hermann W.	1927	d.	53,5	31	23	31	34,5	30,6	30	53,5		23	15,5	12	13,5	16	16,5	15	23		23	15,5
Rudolf W.	1919	d.	64,5	41	29	32	40,5	38	38,5	54,5		46,5	25	17,5	18,5	24	26	28	30,5		46,5	25
Hulda S.	1922	d.	54,5	32,5	26,5	32	40	40	39,5	56,5		32	18	14	18,5	20	21	20,5	24,5		32	18
Marcelle B.	1923	d.	63	38	36	34	43,5	41,5	41	58		36	16	17	19	23	21	20,5	18		36	16
Max B.	1926	d.	59	35,5	29	28	33	36,5	44,5	55		33,5	20	18,5	18	21,5	20	22,5	31,5		33,5	20
Hans v. G.	1918	d.	55	37,5	22,5	29	39,5	34	38	44,5		33,5	19	14	18	22	20	17	25,5		33,5	19
Klaus L.	1921	d.	57,5	34	21	27	30,5	30,5	33	48,5		29	18,5	15	15	17,5	14	16	20		29	18,5
Albert P.	1922	d.	52	42	39	41	40	38	39	54		23,5	23	20	20	20	17	18,5	21		23,5	23
Bruno T.	1921	d.	62	43	38	40	44	45	32	56		30,5	15	15,5	16,5	18	17	21,5	26,5		30,5	15
Maria M.	1926	d.	71	39	39	40	43	44,5	45	52		44	26	21	23	23,5	23	25	35		44	26
August G.	1924	d.	60	40	27	29	27	26	32,5	50		29,5	18,5	18	17	18	17	15,5	19		29,5	18,5
Hans Z.	1913	d.	68	45	29	32	41	34,5	36	55		32	23,5	21	19	21,5	20	18	28		32	23,5
Alfred H.	1919	d.	46	33	24	32	34	33,5	35	38,5		20	17	12	11	16	14,5	15	15,5		20	17
Jürg H.	1922	d.	59	41	33,5	34	30,5	27	29,5	37,5		31,5	24,5	17	19	18	18	16	23,5		31,5	24,5
Hermine A.	1917	d.	64	37,5	26,5	27	35	41	48	58,5		31,5	20,5	18,5	18	18	18	15	18,5		31,5	20,5
Beatrice E.	1921	d.	61,5	37	31	34	35	31	36,5	49,5		31	21	24,5	19	20	16	15	26		31	21
Max B.	1920	d.	56,5	42	34	28	38	38,5	41,5	58		41,5	27	20,5	21,5	22	21	20	30,5		41,5	27
Albert A.	1915	d.	56	39	28	34	35,5	31	34,5	52,5		34	25,5	19,5	19	20,5	20,5	19,5	34		34	25,5
Wilhelm B.	1920	d.	47,5	36	21,5	31,5	30,5	33,5	39	48		34	18	12,5	15	16,5	16	20,5	26		34	18
Paul S.	1920	d.	53,5	33	24	26	35	37	43	51,5		21,5	17	14	11	13,5	13,5	19	21		21,5	17
Margrit A.	1920	d.	59	35	24	24,5	36	38	39	50		26,5	15	9	11,5	20	19,5	17,5	25		26,5	15
Henriette T.	1928	d.	62	42,5	32	33	37	35	43	54,5		38	22	18	16	21,5	19	18,5	22		38	22
Leo E.	1923	d.	62	42,5	32	40,5	38,5	38	40	56		27	20	18	20,5	20	19,5	21	25,5		27	20
Marcus R.	1918	d.	44,5	40	26	29	39,5	37	33	41		24,5	21	13	12	15	16	14	17		24,5	21
Mittelwert			58,5	38	28,5	32	36	36	37,5	51,5		31,5	20,0	16,5	17,0	19,5	18,5	18,5	24,5		31,5	20,0
σ			$\pm 6,3$		$\pm 5,4$	$\pm 4,35$		$\pm 4,95$		$\pm 5,0$		$\pm 6,6$		$\pm 3,35$		$\pm 2,8$		$\pm 3,25$			$\pm 4,95$	

TABELLE II b.

Isopiere 4.

Name	Jahrg.	O.	t	to	o	on	n	nu	u	tu	t	to	o	on	n	nu	u	tu
			0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
Franz P.	1880	s.	69,5	46	30	40,5	49,5	44,5	56	60,5	51	20,5	23	30	41	39	37	44,5
Lina M.	1874	d.	74	49	37	35,5	37	39,5	47	69,5	52	40	30	22,5	28,5	32,5	40	41
Anna A.	1886	d.	76	47,5	39,5	45,5	53	51,5	55	66	61,5	30,5	29	36	40	40	41	57
Marie K.	1885	d.	74	41,5	37,5	41,5	55	52,5	57	72	62,5	35	26,5	30	43,5	42	50,5	62
Christian L.	1879	d.	68	53,5	39	43	57,5	52	57	66	56,5	35	33	28	37	37	42	51
Mathilde S.	1877	s.	68	52	38	44	50,5	50,5	60	66,5	52,5	39	33,5	38	44	47	49,5	52
Alcide P.	1878	d.	66	43,5	35,5	42	42	40	52	66	45,5	26	25,5	28,5	25	25	32,5	43,5
Josef B.	1879	d.	76	51	38	37	47,5	43,5	60	69	68	40	30	22	40,5	40	50,5	61
Ida U.	1884	d.	75,5	57,5	41	44	51	43,5	45	65	68	45,5	28	30	30	33	27	54
Elise R.	1881	s.	74,5	56	46	53,5	54	49,5	61	73	63	68	42,5	49,5	49,5	47	50	54
Paul B.	1884	d.	74	56,5	33	44	58,5	50	56,5	73,5	66,5	52,5	27,5	40	50	44	52	61
Fritz A.	1884	d.	76,5	51	38,5	44,5	52,5	48,5	54	67,5	66,5	40	27,5	36	42,5	41	45	57
Rosa C.	1883	d.	65	46,5	37	41,5	49	49	53	63	56	37	33	33	34	38	42	50
Marie M.	1883	d.	75	49	37,5	45	55,5	49,5	54	69,5	64	40	32	30	38,5	38	45	58
Anna T.	1887	d.	71	45	41	46	53,5	52,5	51,5	67	60	40	35,5	40	45	46,5	44	59
Marie F.	1879	s.	57,5	42	32	32	37	43	48,5	60	48	37	27	28,5	31	33	34	44,5
Lina B.	1883	d.	72	45	41,5	55	52	50	56	68	60	36	35	35,5	41,5	43,5	49,5	59
Emma R.	1884	d.	73,5	50,5	41	43	50	55	58	66,5	60	37	36,5	38	44,5	42	50	57,5
Gottlieb B.	1883	s.	73	52	35,5	45,5	50	50	58	70	56	38	31	40	42	41	47,5	54,5
Christian P.	1880	d.	61	43	36	40	46,5	43	54	57	48	39	30	34,5	40	36,5	43,5	47
Karl S.	1885	d.	67	40	28,5	32,5	47,5	45,5	50,5	69,5	57,5	53,5	23	28	37	40	45	56
Mittelwert			71	53	37	42	50	48	50	67	65	39,5	30,5	33,0	39	39	43,5	54

TABELLE II b (Fortsetzung).

Name	Jahrg.	O.	Isopere 2.										Isopere 1.									
			t	to	o	on	n	nu	u	tu	t	to	o	on	n	nu	u	tu				
			0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°				
Franz P.	1880	s.	27,5	13,5	12,5	16,5	21,5	22	24	26,5	4	4,5	6	8	5	5	3,5	4				
Lina M.	1874	d.	30,5	13,5	13,5	13,5	20	24	30	31	3,5	3	2	3	4	4,5	3					
Anna A.	1886	d.	45	23,5	18,5	16,5	19	24	24	46	6,5	4,5	4	4	6,5	6,5	10	10				
Marie K.	1885	d.	52,5	28	21	24,5	28	32,5	34	51	2,5	8	5,5	5,5	10,5	10	14,5	21,5				
Christian L.	1879	d.	31,5	19	11	10	16,5	16,5	25	27,5	5,5		3,5		5	5	6	5,5				
Mathilde S.	1877	s.	32,5	27	21	26	26,5	28,5	33,5	31,5	6,5	6,5	9	10	10	10	10	9,5				
Alcide P.	1878	d.	23	13	12	16	16	15,5	23	22	4,5	5	5	5	6,5	5,5	5	5,5				
Josef B.	1879	d.	41	16,5	12	15	22,5	22,5	24	35,5	8	7,5	5,5	7	9	8,5	9,5	8				
Ida U.	1884	d.	33	23,5	17,5	22	21,5	23,5	27,5	31,5	6	5,5	5	5,5	6	5	5	5				
Elise R.	1881	s.	31	31,5	31,5	31,5	32	32	31	28	10	11,5	9	9	5	5	8	8,5				
Paul B.	1884	d.	43,5	32	17	24	28	30	31,5	31,5	9	10,5	10	10	12	11	11	11				
Fritz A.	1884	d.	43,5	29	20,5	28,5	33	34,5	35,5	40,5	10	10	10,5	12	15,5	14	16	13				
Rosa C.	1883	d.	24,5	13,5	12	18,5	24,5	26	27,5	28	8	7	5	7,5	11,5	10,5	12	14				
Marie M.	1883	d.	33,5	25,5	14	14,5	20,5	22	28,5	36	10	10	9	10	11	10,5	9,5	13,5				
Anna T.	1887	d.	34	26	11,5	19,5	21,5	22,5	26	31	6	5	5	10	11,5	11	9	6,5				
Marie F.	1879	s.	28	18	6	9	13	13	9,5	22	4	3		4	6	5	2,5					
Lina B.	1883	d.	32	14,5	13,5	16	27	29,5	33,5	33	5	5	4,5	5	5	5	7	7				
Emma R.	1884	d.	31,5	10,5	10,5	12	20	26	29	33	5,5	4,5	4	5	7	8	10	10				
Gottlieb B.	1883	s.	32,5	17	17,5	18	29	29,5	27	32	10	10,5	10,5	10,5	14	14	14,5	14,5				
Christian P.	1880	d.	7,5	10	8,5	15	24	24	22,5	21	6	5	4	6	11,5	11	9	10				
Karl S.	1885	d.	25,5	15	11	13	22	22	24,5	27	7	6	6	9	12,5	12	12,5	12				
Mittelwert			33	20	14,8	18	23	24,5	27	31,5	6,5	6,6	6,2	7,2	8,8	8,4	8,9	9,5				

sondern die Quadratzahlen der acht Isopterenpunkte zu addieren und mit den Standardzahlen und den Minimalwerten zu vergleichen, wenn festgestellt werden soll, ob eine konzentrische Einengung vorliegt oder nicht. Abweichungen eines Gesichtsfeldes von der Normalform, Einsprünge, Skotome sind natürlich nicht auf diese Art und Weise zu behandeln. Nur konzentrische Einengungen können auf diese Art beurteilt werden.

Man sieht, daß bei Personen zwischen 60 und 70 Jahren die Isopteren deutlich kleiner sind als bei Personen zwischen 20 und 30, und daß dabei die Streuung ebenfalls so sehr zunimmt, daß es besser ist, Minimalwerte als untere Grenzen zu betrachten, anstatt Streuungsmaße einzuführen. Im allgemeinen kann man sagen, daß 60—70jährige um eine Stufe engere Isopteren haben als 20—30jährige, d. h. für das Objekt von $0,25 \text{ mm}^2$ ist die Iso-

TABELLE III a.

Isoptere	4	3	2	1
Katharina W.	31 385	23 800	10 410	3170
André B.	31 500	25 610	14 060	4445
Hermann W.	29 690	23 640	11 165	2375
Rudolf W.	31 000	25 280	15 240	6370
Hulda S.	30 425	24 455	13 705	3703
Marcelle B.	32 000	27 640	15 820	3915
Max B.	30 920	23 530	13 790	4550
Hans v. G.	28 495	21 050	11 920	3825
Klaus L.	27 420	21 325	10 935	2790
Albert P.	33 775	26 705	15 150	3350
Bruno T.	33 855	28 030	16 860	3445
August G.	26 945	21 055	11 730	3040
Hans Z.	29 260	24 785	15 705	4350
Alfred H.	29 505	23 415	9 790	1885
Jürg H.	30 345	28 555	11 375	3700
Hermine A.	30 925	25 050	15 565	3780
Beatrix E.	33 435	24 960	13 235	3585
Max B.	32 050	24 820	14 935	5590
Albert A.	26 690	18 110	12 765	4925
Wilhelm B.	33 545	23 515	11 415	3485
Paul S.	32 655	25 300	11 740	2235
Margrit A.	27 490	21 305	12 645	2850
Henriette T.	32 600	24 465	15 215	4155
Marcus R.	30 360	24 315	10 795	2320
Leo E.	35 675	28 245	15 975	3720
Mittelwert	30 900	24 060	13 300	3700
σ	$\pm 2 340$	$\pm 2 400$	$\pm 2 070$	± 1035

ptere für den Kontrast 32 : 1 für 60—70jährige so groß wie die Isoptere für den Kontrast 10 : 1 für 20—30jährige.

In den Tabellen II und III sind die kleinsten bei Normalen gefundenen Werte kursiv gesetzt.

3. Filterzahlen.

Goldmann hat folgendes unter Filterzahlen verstanden: Gegeben seien Isopteren, die mit einem Objekt von bestimmter Größe erhalten wurden, wenn der Kontrast zwischen Objekt und Grund verschiedene Werte annimmt. Gesucht wurden jene Filter, welche zugesetzt bzw. weggenommen werden müssen, um mit einem Objekt anderer Größe die gleichen Isopteren zu erhalten. *Goldmann* fand, daß bei Objekten zwischen 0,25 und 16 mm² bei einem Abstand Auge—Objekt von 300 mm beim Übergang zu viermal größeren Objekten ein Zusatzfilter von 0,31 Durchlässigkeit vorgesetzt werden mußte, um die gleiche Isoptere wie vorher zu erhalten. (Über die Gültigkeitsgrenzen dieser Regel siehe

TABELLE III b.

Isoptere	4	3	2	1
Franz P.	20 710	11 000	3 590	200
Lina M.	20 475	10 860	4 315	90
Anna A.	24 790	13 715	6 820	380
Marie K.	24 540	16 785	10 285	1470
Christian L.	24 470	13 395	3 500	195
Mathilde S.	23 830	16 140	6 530	655
Alcide P.	19 695	8 405	2 605	220
Josef B.	23 700	17 120	5 170	505
Ida U.	18 640	13 010	5 195	230
Elise R.	23 665	12 925	7 730	580
Paul B.	28 080	20 395	7 450	900
Fritz A.	26 210	16 835	9 225	1315
Rosa C.	24 495	12 910	4 620	775
Marie M.	21 060	15 935	5 190	885
Anna T.	24 730	17 665	4 950	560
Marie F.	23 620	10 400	2 135	140
Lina B.	16 290	15 935	5 480	245
Emma R.	24 920	17 295	4 360	405
Gottlieb B.	24 790	15 810	5 440	1250
Christian P.	25 590	12 950	2 550	550
Karl S.	19 660	15 575	3 460	800
Mittelwert	23 030	15 200	5 310	590
σ	$\pm 2\ 880$	$\pm 3\ 490$	$\pm 2\ 130$	

oben und *Goldmann* a. O.). Diese Durchlässigkeitszahl ist die «Filterzahl». Dem Goldmannschen Perimeter ist ein Filtersatz beigegeben: 0,31, 0,095, 0,03, d. h. ein Filtersatz, der der Reihe 0,31ⁿ entspricht.

An 29 Personen wurde nun geprüft, ob die dem Perimeter beigegebenen Filter gleiche Isopteren bei Benützung verschieden großer Objekte (0,25 mm², 1,0 mm², 4 mm², 16 mm²) geben oder nicht. Bei sehr guten Beobachtern sind Unterschiede im Kontrast von 10% eben merklich, wenn man auf Gleichheit an allen acht Bestimmungspunkten einer Isoptere abstellt. Bei allen Untersuchten sind Abweichungen von 20% auf diese Weise sicher nachweisbar. Für das Objekt 1 mm² wurden alle 4 Isopteren, für das Objekt 4 mm² die Isopteren 4, 3 und 2, für das Objekt 16 mm² die Isopteren 4 und 3 bestimmt. Es wurde im Fall von Abweichungen das passende Filter gesucht, das wiederum die Standardisoptere ergab, und nachgesehen, ob diese neuen Filter aus der von *Goldmann* postulierten Gesetzmäßigkeit einer einfachen geometrischen Progression der Filterdichten herausfielen oder nur eine geometrische Progression anderer Filterdichten verlangen, als dem Perimeter beigegeben sind und *Goldmann* seinerzeit fand. Tabelle IV zeigt, daß das letztere der Fall ist, daß aber außerdem die Abweichungen überhaupt sehr gering sind. Dabei stimmen die neuen Mittelwerte mit den ursprünglichen Filterzahlen von *Goldmann* sehr gut überein.

TABELLE IV.

Peter B.	1926	d.	0,315	Ernst H.	1924	d.	0,295
Hans L.	1920	d.	0,305	Margrit A.	1920	d.	0,300
Albert P.	1922	d.	0,304	Henriette T.	1928	d.	0,295
Bruno T.	1921	d.	0,295	Marcus R.	1918	d.	0,296
Maria M.	1926	d.	0,295	Leo E.	1923	d.	0,296
August G.	1924	d.	0,35	Franz P.	1880	s.	0,31
Hans Z.	1913	d.	0,31	Lina M.	1874	d.	0,31
Alfred H.	1919	d.	0,298	Anna A.	1886	d.	0,31
Jürg H.	1922	d.	0,304	Marie K.	1885	d.	0,31
Hermann A.	1917	d.	0,304	Christian L.	1879	d.	0,31
Beatrix E.	1921	d.	0,31	Mathilde Sch.	1877	d.	0,31
Willi B.	1920	d.	0,315	Josef B.	1879	d.	0,31
Albert A.	1915	d.	0,31	Ida U.	1884	d.	0,325
Wilhelm B.	1920	d.	0,306	Elise R.	1881	s.	0,325
Paul Sp.	1920	d.	0,306				
				Mittelwert			0,306 ± 0,008

Zusammenfassung.

1. Beim Normalen gibt es von Tag zu Tag mit exakter Perimetrie deutlich nachweisbare Schwankungen der Empfindlichkeit der Augen.

2. Es wurden für 26 20—30jährige und 21 60—70jährige Normale die Lage der vier Isopteren (Kontrast 32 : 1, 10 : 1, 3 : 1 und 1 : 1 für die Objektgröße 0,25 mm² und 40 asb Grundleuchtdichte) bestimmt.

3. Es wurden die Filterzahlen für 29 Personen ermittelt. Es ergaben sich für die Objektgrößen 0,25, 1, 4, 16 mm² die Filterzahlen $(0,306 \pm 0,008)^n$.

Summary.

1. In normal people definite fluctuation of eye sensitivity can be proved with exact perimetry.

2. For a normal 20-30 age group of 26 persons and 60-70 age group of 21 persons the position of the four isopteres (contrast 32 : 1, 10 : 1, 3 : 1 and 1 : 1 for object size 0.25 mm² and 40 asb) has been determined.

3. The filter figures for 29 people were measured. For object size 0.25, 1, 4, 16 mm² the filter figures were $(0.306 \pm 0.008)^n$.

Résumé.

1° Une périmétrie exacte démontre nettement des variations de la sensibilité des yeux normaux.

2° La position des 4 isoptères a été déterminée pour 26 sujets normaux de 20-30 ans et 21 de 60-70 ans, dans les conditions : contraste 32 : 1, 10 : 1, 3 : 1 et 1 : 1, grandeur du test 1,25 mm² et luminosité 40 asb.

3° On a déterminé les nombre-filtre de 29 personnes. Pour des tests 0,25, 1, 4, 16 mm², les valeurs de filtres ont été $(0,306 \pm 0,008)^n$.

*Literatur.**Allgemeine Übersicht.*

Dubois Poulsen: in *Traité d'Opht.* 2 (1939). — Lauber, H.: *Das Gesichtsfeld*, Bergmann und Springer 1944. — Traquair, H. M.: *An introduction to clinical perimetry*, Kimpton, London 1942.

Spezielle Literatur.

Amster, M.: *Klin. Mbl. f. Augenhk.* 104, 515 (1940). — Anderson, C.: *Graefes Arch. f. Ophth.* 146, 128 (1944); 147, 227 (1944). — Bair, H. L.: *Arch. of*

Ophth. 24, 10 (1940). — Bjerrum: Nord. ophth. Tidskrift 2 (1942). — Ferree, C. F., und G. Rand: J. of gen. Psych. 6, Nr. 2, 414 (1932); Amer. J. Ophth. 5, 886 (1921); 12, 659 (1929); 13, 859 (1930); 16, 577 (1933); Bull. Johns Hopkins Hosp. 45, 295 (1929); Amer. J. Phys. 42, 63 (1930). — Ferree, C. F., G. Rand und L. L. Sloan: J. of gen. Psych. 10, 83 (1934). — Gaudisart, P.: Ann. d'oc. 136, 730 (1926); 166, 177 (1929). — Goldmann, H.: Ophthalmologica 109, 57 (1945); 111, 187 (1946). — Magitot, A., und A. Dubois-Poulson: Ann. d'oc. 174, 646 (1937). — Passow, A.: 49. Vers. Ophth. Ges. Heidelberg 1932. — Roenne, H.: Arch. f. Augenhk. 78, 284 (1911); 87, 1937 (1921). — Scheyhing, H.: Graefes Arch. f. Ophth. 143, 137 (1941). — Stargard, K.: Klin. Mbl. f. Augenhk. 44, 353 (1906). — Walker, C. B.: Arch. of Ophth. 1918.